

**PENGUJIAN TARIK PADA SPESIMEN (PLA) 3D PRINTING  
*FUSED DEPOSITION MODELING* (FDM) DENGAN INFILL  
MAKSIMUM STRUKTUR HONEYCOMB RIBS DIPERKUAT  
KOMPOSIT *CARBON FIBER***

**TUGAS AKHIR**

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



**Disusun Oleh :**

**Nama : Regawa Danu Baya Yoga Sutrisno  
No. Mahasiswa : 19525131  
NIRM : 1907310418**

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

**2023**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya yang bertanda tangan di bawah ini, Regawa Danu Baya Yoga Sutrisno selaku penulis Tugas Akhir yang berjudul “Pengujian Tarik Pada Spesimen (PLA) *3D Printing Fused Deposition Modeling (FDM) Dengan Infill Maksimum Struktur Honeycomb Ribs Diperkuat Komposit Carbon Fiber*” 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 pustaka nya. Apabila di kemudian 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, 6 Desember 2023



Regawa Danu Baya Yoga Sutrisno

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

**PENGUJIAN TARIK PADA SPESIMEN (PLA) 3D PRINTING  
*FUSED DEPOSITION MODELING* (FDM) DENGAN INFILL  
MAKSIMUM STRUKTUR HONEYCOMB RIBS DIPERKUAT  
KOMPOSIT *CARBON FIBER***

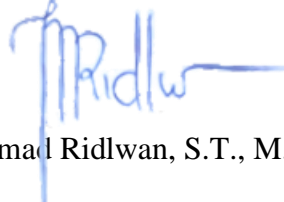
**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Regawa Danu Baya Yoga Sutrisno**  
**No. Mahasiswa : 19525131**  
**NIRM : 1907310418**

Yogyakarta, 6 Desember 2023

Pembimbing I,



Muhammad Ridwan, S.T., M.T. IPP

# LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

## PENGUJIAN TARIK PADA SPESIMEN (PLA) 3D PRINTING *FUSED DEPOSITION MODELING (FDM) DENGAN INFILL MAKSIMUM STRUKTUR HONEYCOMB RIBS SIPERKUAT KOMPOSIT CARBON FIBER*

### TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Regawa danu Baya Yoga Sutrisno

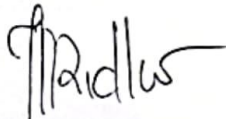
No. Mahasiswa : 19525131

NIRM : 1907310418

Tim Penguji

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

Ketua

  
Tanggal : 19/01/2024

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

Anggota I

  
Tanggal : 10 Jan 2024

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

Anggota II

  
Tanggal : 12 Jan 2024

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin

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

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas Akhir ini saya mempersembahkan kepada :

Bapak Ade Sutrisno dan Ibu Soleha sebagai orang tua yang selalu memberikan doa dan semangat dalam pencapaian sampai dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Radea Bayu Segara Yoga Sutrisno dan Refada Chaidar Puspa Sutrisno sebagai

kakak dan adik yang selalu memberikan semangat setiap hari dalam

mengerjakan tugas akhir ini.

Halaman Motto

**“Hidup ini sungguh sangat sederhana, tapi kita yang membuatnya rumit”**

- Konfusius-

## KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH



*Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh*

*Alhamdulillah* segala puji syukur kehadirat Allah SWT. yang selalu melimpahkan Rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir dengan lancar hingga saat ini, serta *shalawat* serta salam jujungan Nabi Muhammad SAW. Serta pengikutnya akhir jaman. Dalam Kesempatan ini penulis mendapatkan ilmu, pengalaman, saran dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu perkenankan penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ade Sutrisno dan Ibu Soleha selaku orang tua yang selalu memberikan doa dan dukungan secara verbal maupun material.
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku ketua jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak Muhammad Ridlwan, S.T., M.T. IPP selaku Dosen Pembimbing dalam menempuh tugas akhir ini yang selalu memberikan arahan dan masukan.
4. Seluruh Dosen Teknik Mesin atas ilmu yang diberi selama masa perkuliahan.
5. Partner dalam mengerjakan tugas akhir ini : Husein Maulana Rokhman yang selalu bersama melaksanakan tugas akhir ini.
6. Rio Helmi Ansori selaku mentor *Vacuum Infusion* pada PT KARYATAMA KOMPOSIT TEKNOLOGI sehingga penulis mendapatkan ilmu dan *problem solving* pada saat pengerjaan tugas akhir.
7. Tri Mulyanto, Dewangga, Berry Harada Sakti, Suseno Dharma, Agung Wicaksono, Lutfiana dan Zuhri yang turut membantu dan menemani penulis hingga saat ini.
8. Seluruh mahasiswa Teknik Mesin angkatan 2019.
9. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, untuk penulis mengharapkan kirtik dan saran yang bersifat mendukung dan membangun demi kesempurnaan dari laporan berikutnya dan semoga laporan tugas akhir ini memberikan manfaat bagi penulis dan untuk orang yang membacanya.

*Wassalamu'alaikum Wr.Wb*

Yogyakarta , 6 Desember 2023



Regawa Danu Baya Yoga Sutrisno



## ***ABSTRACT***

Increasingly rapid manufacturing development and complex materials, materials as a primary need, materials-new materials were created to be strong and light. In innovation new materials with the merging of two or more materials into one with the composite. The vacuum infusion of this method, called vacuum absorption or sucking of air inside the mold, is thrown out and replaced with resin in the mold. This 3d printing technology as a technological advance has a thermoplastic reconstruction in prototype making. By doing this is optimizing the primary materials and the testing of the attractiveness of the materials, knowing how they are treated and how variations in the skinning effect the composite. The methodology used was an immediate test using a universal drag kit at ASTM D638 type III, a 20-millimeter thickness varying skin and non - skin. The infill density used is 100%. The maximum drag against the weight of the specimen experienced an increase in the specimen covered by a skin fiber. A specific tensile stress increases the skin's variation by 100% by 0.26 Mpa /g. The modulus elasticity in the specimen skin tested 100% decrepitude, with a value of 128.89 Mpa. The failure of the phenomenon which identified the technical error in the assessment of the specimen in which the specimen took a sliding towards B1, so that when the B2 and B3 took hold too hard to damage the carbon fiber layer with it, the carbon fiber was not as strong as B1 because the fiber was beforehand damaged before being withdrawn and in the testing carbon failed immediately before the breaking point.

Key words: skin, specimen, carbon fiber, tensile stress.

## ABSTRAK

Perkembangan manufaktur yang semakin semakin pesat dan kompleks, material sebagai kebutuhan utama, material – material baru diciptakan untuk kuat dan ringan. Dalam inovasi material baru dengan penggabungan 2 material atau lebih menjadi satu dengan komposit. *Vacuum infusion* metode ini dengan pemvacuum-an atau disebut penghisapan udara yang ada di dalam cetakan dibuang ke luar dan digantikan dengan cairan resin pada cetakan. Teknologi *3D printing* ini sebagai kemajuan teknologi dengan ekstruksi termoplastik dalam pembuatan protipe. Dengan hal ini pengoptimalan pada material utamanya dan pada pengujian tariknya, mengetahui material seberapa kuat nilai kekakuannya dan seberapa pengaruh variasi *skinning* dalam komposit. Metodologi yang digunakan yaitu pengujian langsung dengan alat uji tarik universal dengan standar ASTM D638 tipe III , ketebalan 20 mm yang memvariasikan *skin* dan *non skin*. Kerapatan *infill* yang digunakan yaitu 100%.Tegangan tarik maksimum terhadap berat spesimen mengalami kenaikan pada spesimen yang dilapisi oleh *skin fiber carbon*. Tegangan tarik spesifik mengalami kenaikan terhadap variasi *skin 100%* sebesar 0.26 MPa/g. Modulus elastisitas pada spesimen yang diuji *skin 100%* mengalami penurunan, yaitu dengan nilai sebesar 128.89 MPa. Kegagalan yang terjadi pada spesimen fenomena yang identifikasikan kesalahan teknis dalam pencekaman spesimen dimana spesimen terjadi *sliding* terhadap B1, sehingga Ketika pada spesimen B2 dan B3 mencengkam terlalu keras sehingga merusak lapisan *carbon fiber* dengan hal itu, ketika ditarik kekuatan *carbon fiber* tidak sekuat pada B1 karena lapisan sudah rusak terlebih dahulu sebelum ditarik dan dalam pengujian *fiber carbon* langsung terlepas sebelum titik puncak patahan atau disebut *bond failure*.

Kata kunci : *Skin*, spesimen, *carbon fiber*, tegangan tarik.

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Pernyataan keaslian .....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing .....	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji .....	iv
Halaman Persembahan .....	v
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih .....	vii
<i>Abstract</i> .....	ix
Abstrak .....	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 Komposit.....	6
2.3 Komposit <i>Sandwich</i> .....	6
2.4 <i>Core</i> .....	7
2.5 <i>Skin Fiber Carbon</i> .....	8
2.6 <i>3D Printing Fused Deposition Modeling</i> .....	8
2.7 <i>Vaccum Infusion</i> .....	10
2.8 Pengujian Tarik.....	10
Bab 3 Metode Penelitian.....	11
3.1 Alur Penelitian .....	11

3.2	Peralatan dan Bahan.....	12
3.3	Standar dan Dimensi Spesimen .....	23
3.4	Susunan Lapisan Komposit .....	24
3.5	Proses Pembuatan Spesimen.....	25
3.5.1	Pembuatan <i>Spesimen</i> dengan Mesin <i>3D Printing</i> .....	25
3.5.2	Tahap-Tahap Proses <i>Vacuum infusion</i> .....	26
3.5.3	Proses Finishing.....	30
Bab 4	Hasil dan Pembahasan .....	31
4.1	Pengujian Tarik.....	31
4.2	Hasil Pengujian Tarik .....	32
4.3	Data Hasil Komposit <i>Sandwich</i> .....	33
4.4	Analisis dan Pembahasan.....	34
4.4.1	Analisis .....	34
4.4.2	Pembahasan .....	36
Bab 5	Penutup.....	43
5.1	Kesimpulan .....	43
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	44
Daftar Pustaka	.....	45
Lampiran 1	.....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 3-1 Parameter <i>Printing</i> .....	25
Tabel 4-1 Data Hasil Pengujian Tarik .....	32
Tabel 4-2 Data Sampel 2 Pengujian Tarik .....	33
Tabel 4-3 Tegangan Tarik Berdasarkan Tabel 4-1 .....	36
Tabel 4-4 Tegangan Tarik Berdasarkan Tabel 4-2.....	36
Tabel 4-5 Tegangan Spesifik Berdasarkan Tabel 4-1 .....	38
Tabel 4- 6 Tegangan Spesifik Berdasarkan Tabel 4-2 .....	38
Tabel 4-7 Modulus Elastisitas Berdasarkan Tabel 4-1.....	39
Tabel 4- 8 Modulus Elastisitas Berdasarkan Tabel 4-2.....	39

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Komposit Sandwich .....	7
Gambar 2-2 Komposit <i>Sandwich Core</i> .....	7
Gambar 2-3 <i>Carbon Fiber</i> .....	8
Gambar 2-4 3D <i>Printing FDM</i> .....	9
Gambar 2-5 <i>Vaccum Infusion</i> .....	10
Gambar 3-1 Alur Penelitian.....	11
Gambar 3-2 Pompa <i>Vacuum</i> .....	12
Gambar 3-3 Tabung <i>Reservoir</i> .....	12
Gambar 3-4 <i>T Connector</i> .....	13
Gambar 3-5 <i>Infusion Block</i> .....	13
Gambar 3-6 Katup .....	13
Gambar 3-7 Selang .....	14
Gambar 3-8 Selang Spiral .....	14
Gambar 3-9 Plastik <i>Vaccum Infusion</i> .....	14
Gambar 3-10 Kain <i>Peel Ply</i> .....	15
Gambar 3-11 Flow Media .....	15
Gambar 3-12 <i>Fiber Carbon</i> .....	15
Gambar 3-13 Resin Epoksi.....	16
Gambar 3-14 <i>Hardener</i> .....	16
Gambar 3-15 Timbangan.....	17
Gambar 3-16 Jangka Sorong .....	17
Gambar 3- 17 Penggaris .....	17
Gambar 3-18 <i>Sealent Tape</i> .....	18
Gambar 3-19 Lem <i>Silicon</i> .....	18
Gambar 3-20 Lem ALF .....	19
Gambar 3-21 Kuas.....	19
Gambar 3-22 Sekop Cat .....	19
Gambar 3-23 <i>Cutter</i> .....	20
Gambar 3-24 <i>Release Silicon Mold</i> .....	20
Gambar 3-25 <i>Release Mold Honeywax</i> .....	20

Gambar 3-26 <i>Gas Clamp</i> .....	21
Gambar 3-27 <i>Clip Kertas</i> .....	21
Gambar 3-28 <i>Gunting</i> .....	21
Gambar 3-29 <i>Kaca</i> .....	22
Gambar 3-30 <i>Lakban Kertas</i> .....	22
Gambar 3-31 <i>Wadah Plastik</i> .....	22
Gambar 3-32 <i>Filament Asam Polyactic (PLA)</i> .....	23
Gambar 3-33 <i>Bentuk Standar Spesimen</i> .....	23
Gambar 3- 34 <i>Bentuk Spesimen</i> .....	24
Gambar 3- 35 <i>Bentuk Spesimen Peneliti Sebelumnya</i> .....	24
Gambar 3-36 <i>Susunan Lapisan Komposit</i> .....	24
Gambar 3- 37 <i>Susunan Tanpa Lapisan</i> .....	25
Gambar 3-38 <i>Proses Pembuatan Spesimen 3D Printing</i> .....	25
Gambar 3-39 <i>Proses Pemotongan Fibre Carbon</i> .....	26
Gambar 3-40 <i>Pengeleman Spesimen</i> .....	26
Gambar 3-41 <i>Pengeringan Spesimen</i> .....	27
Gambar 3-42 <i>Penyusunan Komposit</i> .....	27
Gambar 3-43 <i>Penyusunan Alat bantu Vaccum Infusion</i> .....	28
Gambar 3-44 <i>Uji Coba Vaccum Infusion</i> .....	28
Gambar 3-45 <i>Pencampuran Epoksi dan Hardener</i> .....	29
Gambar 3-46 <i>Proses Vaccum Infusion</i> .....	29
Gambar 3-47 <i>Hasil Seleah Vaccum Infusion</i> .....	30
Gambar 3-48 <i>Pengukuran Berat Spesimen</i> .....	30
Gambar 3-49 <i>Hasil Akhir Spesimen</i> .....	30
Gambar 4-1 <i>Proses Pengujian Tarik</i> .....	31
Gambar 4-2 <i>Spesimen Setelah Uji Tarik</i> .....	32
Gambar 4- 3 <i>Ukuran Spesimen Tebal dan Lebar</i> .....	32
Gambar 4-4 <i>Tegangan Tarik</i> .....	37
Gambar 4-5 <i>Tegangan Tarik Spesifik</i> .....	38
Gambar 4-6 <i>Modulus Elastisitas</i> .....	40
Gambar 4-7 <i>Kegagalan Spesimen</i> .....	41
Gambar 4- 8 <i>Grafik Spesimen</i> .....	41

## DAFTAR NOTASI

$\sigma$  = Tegangan tarik (MPa)

$\delta$  = Tegangan tarik spesifik (MPa/g)

$\lambda$  = Modulus Elastisitas (MPa)



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan manufaktur di dunia ini sangat pesat dan semakin kompleks, material salah satu komponen yang paling penting dalam manufaktur, dengan hal itu kebutuhan material semakin tinggi, peneliti berlomba-lomba menciptakan material jenis baru, yang menggunakan material sedikit mungkin, untuk mengurangi berat, tetap kuat dan ringan.

Dalam inovasi material baru dengan penggabungan 2 material atau lebih menjadi satu dengan cara *microskopis* agar dapat meningkatkan material aslinya (Mikell PG, 1996), dengan hal ini diimbangi dengan kemajuan teknologi yaitu teknologi *3D printing* dengan ekstruksi termoplastik dalam pembuatan protipe, pembuatannya dengan pemanasan nozzle untuk mencairkan material secara satu lapis dan di tumpuk dengan lapisan berikutnya dengan membentuk model yang ditentukan (Stephen And Ramos T, 2013). *3D printing* yang dimaksud adalah *3D printing Fused Deposition Modeling* (FDM). Pemanfaatan teknologi ini dijadikan satu acuan untuk merekayasa material baru sehingga material bisa lebih kuat dan ringan.

Pembentukan campuran komposit dapat dilakukan tidak hanya dengan dua bahan pembentuk, dimana campuran tersebut akan menghasilkan material baru dengan sifat mekanik dan karakter yang berbeda dari bahan pembentuknya. Maka dari itu, sangat leluasa dalam merancang kekuatan materialnya (Matthews, F.L dan Rawlings, R.D, 1993). Dalam penggunaan komposit seringkali digunakan dalam pengaplikasian *mass production* yaitu *carbon fiber*, *fiberglass*, dan *carbon Kevlar*. Pada pembuatan sebuah produk yang besar akan membutuhkan penyangga sebagai penguat yang sering disebut *core*, dimana *core* ini berfungsi untuk menambahkan kekakuan produk sehingga produk akan lebih kuat.

Pada penelitian sebelumnya peneliti fokus pada penelitian uji tarik dan memvariasikan *infill* mencoba mencari titik nilai kekakuan dan berat yang optimal dengan metode komposit *sandwich* (Asty, 2023), dalam beberapa komponen

seperti *stabilizer* mobil yang memiliki rongga di dalamnya, sehingga tidak dapat dilakukan metode komposit *sandwich* dengan itu peneliti memiliki gagasan dengan pelapisan *skinning fiber carbon* agar tetap memiliki sifat kaku yang menggunakan komponen dari *3D Printing Fused Deposition Modeling* dengan material PLA yang diperkuat *skin carbon fiber* pada material. Material akan di uji tarik, dapat mengetahui material seberapa kuat nilai kekakuannya dan seberapa pengaruh variasi *skinning* dalam komposit *skinning* ini.

*Vacuum infusion* metode ini biasanya dilakukan untuk pembuatan produk komposit dengan *pemvacuman* atau disebut penghisapan udara yang ada di dala cetakan dibuang ke luar dan digantikan dengan cairan resin pada cetakan, metode ini paling baik dalam hasil produk dibandingkan proses *hand lay-up*, hal ini karena penyebaran resin yang merata, sedangkan *hand lay-up* penyebaran dengan cara manual sehingga tidak bisa terkontrol pembagian resinnya.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh *skin carbon fiber* dan *no skin honeycomb* pada spesimen terhadap uji tarik dengan *infill* maksimum dan dibandingkan komposit *sandwich 50% gyroid*?
2. Bagaimana pengaruh nilai tegangan spesifik *skin carbon fiber* dan *no skin honeycomb* pada spesimen PLA dalam penambahan *skin fiber carbon* pada *3D print ribs* dengan komposit *sandwich 20% gyroid*?
3. Bagaimana pengaruh modulus elastisitas *skin carbon fiber* dan *no skin honeycomb* dengan komposit *sandwich 40% gyroid*?

## 1.3 Batasan Masalah

1. Penggunaan material *core* yang diteliti adalah PLA *skin carbon fiber* dengan menggunakan metode *vacuum infusion*.
2. Pembuatan specimen menggunakan alat mesin *3D print Fused Deposition Modeling* (FDM) dengan *infill 100%* dan *infill pattern zig-zag*.
3. Ribs menggunakan bentuk *honeycomb*.
4. Ketebalan *core* PLA yaitu 5 mm sebagai tebal *ribs honeycomb* dan 15 mm sebagai *core* inti dengan satu lapis serat *carbon fiber* pada bagian *ribs*.

5. Spesimen uji menggunakan standar ASTM D638 *type III*.
6. Pengujian hanya menggunakan uji tarik.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini, yaitu :

1. Untuk mengetahui pengaruh *skin* dan *non skin noeycomb* pada *specimen* terhadap uji tarik dengan *infill* maksimum.
2. Untuk mengetahui kegagalan pada *specimen* pada *specimen PLA* dengan penambahan *skin carbon fibre* pada *3d print ribs*.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang didapat setelah melakukan pengujian ini, yaitu :

1. Mengetahui perbedaan nilai kekuatan spesimen dengan variasi *skin* dan *non skin honeycomb*.
2. Mengetahui perbedaan nilai kekuatan material masing-masing spesimen yang dilapisi *carbon fiber* maupun tidak dilapisi.
3. Hasil dalam penelitian dapat digunakan untuk untuk merancang produk-produk *fused deposition modeling (FDM)*.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan dalam tugas akhris ini terdiri dari 5 bab, yaitu :

##### **BAB I Pendahuluan**

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

##### **BAB II Tinjauan Pustaka**

Padaa bab ini berisikan tinjauan Pustaka dan teori-teori yang menjadi landasan pembuatan pembuatan skripsi.

##### **BAB III Metode Penelitian**

Pada bab ini berisikan diagram alur penelitian, alat dan bahan, prosedur penelitian dan pengujian *specimen*.

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

Pada bab ini berisikan analisis data dan pembahasan hasil dari pengujian tarik.

## **BAB V Penutup**

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari penelitian berikutnya.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Tinjauan pertama meneliti perbandingan antara cetakan 3D yang dilapisi komposit *sandwich* dan komposit *sandwich* yang tidak dilapisi komposit *sandwich* dalam pengujian kekuatan tarik dengan infus resin *vaccum* (VARI). Peneliti membuat variasi prototipe antara lain: sampel cetak 3D nonkomposit, cetak 3D + 2 lapisan komposit, cetak 3D + 3 lapisan komposit, dan cetak 3D + 4 lapisan komposit termasuk 3 sampel untuk setiap kaleng variabel. Hasil pengujian menunjukkan sampel dengan nilai kuat tarik tertinggi adalah sampel cetak 3D + 4 lapis komposit yaitu 71,23 MPa, deformasi 6,21%, modulus elastisitas 11,53 MPa dengan berat 22,62 gram. Sedangkan sampel dengan nilai uji terendah adalah sampel cetak 3D tanpa lapisan komposit dengan kuat tarik 17,63 MPa, deformasi 3,22, dan modulus elastisitas 8,71 MPa dengan berat 12,29 gram, semakin tebal kulit maka nilai resistensinya semakin tinggi (Prawira, 2022).

Tinjauan kedua membahas “Studi Eksperimental Sifat Mekanik *Sandwich* Sarang Lebah Serat Karbon Komposit dengan Uji Lentur” oleh (Marsono, 2021). Penelitian ini mengkaji panel *sandwich honeycomb* berbahan komposit serat karbon dan uji lentur untuk mengetahui kuat lentur dan kekakuannya. Substrat yang digunakan pada penelitian ini adalah resin epoksi yang dihasilkan dengan metode *pretreatment* yaitu dipanaskan dan tidak dipanaskan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sampel serat karbon 2 lapis dengan resin epoksi yang dipanaskan mempunyai kekuatan lentur tertinggi, dan sampel dengan kekakuan lentur tertinggi juga termasuk dalam sampel tersebut.

Tinjauan ketiga membahas “Sifat Mekanik komposit *sandwich* Skin Serat Karbon Menggunakan *Core Polylactic Acid* (PLA) Tipe *Infill Gyroid*” Penelitian ini mengkaji kekuatan skin Carbon fiber sebagai lapisan komposit dengan core inti PLA hal ini dapat meningkatkan kekuatan tarik sebesar 187% hingga 197% dan kekakuan uji bending dari 243% menjadi 406%. Dengan meningkatkan densitas pengisian lapisan tengah maka sifat mekanik campuran *sandwich* akan semakin

tinggi. Namun, mengingat berat sampel, kepadatan pengisian inti sebesar 20% menghasilkan kekuatan tarik spesifik dan kekakuan lentur spesifik tertinggi (R Muhammad. S Asty. H Ramdhan, 2023).

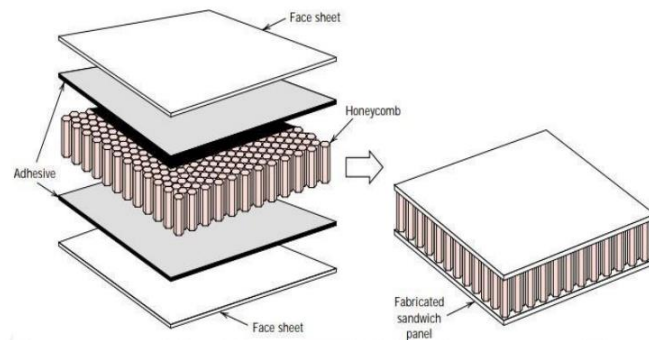
## **2.2 Komposit**

Secara umum komposit adalah kombinasi dari dua atau lebih material, yang menunjukkan sejumlah sifat yang tidak dapat dimiliki oleh masing-masing komponennya. Dalam pengertian ini, tentunya kombinasi tersebut tidak hanya mencakup bahan polimer, tetapi juga bahan logam dan keramik. Dalam buku ini pembahasan dibatasi pada senyawa dengan bahan polimer. Hal yang pertama adalah matrik sebagai bahan pengikat seperti resin epoksi, hal kedua sebagai bahan pengisi yang berfungsi sebagai penguat berupas erat dan partikel, seperti serat karbon dan kaca. Sifat-sifat komposisi itu sendiri ditentukan oleh bahan pengisi yang digunakan, seperti keuletan, kekuatan, kelenturan dan sifat mekanik lainnya (Surdia, 1999).

Komposit serat mempunyai kekuatan lebih tinggi dibandingkan komposit yang diperkuat partikel, komposit serat dimana serat digunakan sebagai pengisi atau disebut penguat dan pada umumnya penggunaan polimer(resin) sebagai pengikatnya. Pengikatnya ini bisa difungsikan sebagai pengisi curah dan pelindung seran (Schwardz M.M. 1984).

## **2.3 Komposit *Sandwich***

Komposit laminasi atau komposit *sandwich*, juga disebut panel *sandwich* terdiri dari panel kulit yang kuat dibagian atas dan bawah, dan keduanya dipisahkan oleh lapisan dalam dari bahan dengan kepadatan rendah yang disebut inti. Komposisi *sandwich* memiliki struktur sebagai berikut : kulit, bagian ini berfungsi untuk menahan tegangan tarik dan tekan. Bahan umum seperti alumunium, baja, dan *stainless steel* digunakan untuk bagian ini. Bahan plastic yang diperkuat serat. Serat adalah pilihan yang baik karena bahan ini memiliki kelebihan seperti penyalarsan yang mudah, desain khusus, dan penyelesaian permukaan yang baik. Inti adalah bagian utama dari sandwich, bagian yang harus cukup kuat untuk menjaga ruang antar muka.

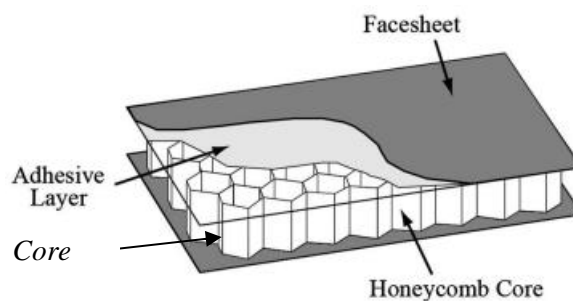


Gambar 2-1 Komposit Sandwich

Dengan kekerasannya, inti harus menahan geser agar tidak tergelincir di antara permukaan. Kekakuan bahan rendah tidak baik untuk inti karena kekakuan berkurang atau hilang di *sandwich*. Tidak hanya kuat dan densitasnya rendah. Inti biasanya memiliki persyaratan lain, seperti : kadar air, penyusutan, buckling, dan lain-lain (Prayoga, Agung, Eryawanto, Bimo dan Qomarul, 2018).

## 2.4 Core

Inti struktur *sandwich* yang disebut *core* yang berfungsi sebagai penopang dan tanda pemisah lembaran *fiber carbon* dengan kekuatan lentur yang diinginkan. Inti *core* dengan *pattern infill* berbentuk *honeycomb* karena dengan desain paling baik memiliki tingkat efisiensi terhadap berat dan daya efisien secara struktural (Marsono DKK., 2019).



Gambar 2-2 Komposit *Sandwich Core*

## **2.5 Skin Fiber Carbon**

Carbon fiber (CF) untuk komposit matriks polimer mulai digunakan untuk produksi komersial pada tahun 1960. Untuk banyak aplikasi potensial, termasuk teknik mesin, dirgantara, dan industri otomotif, CF lebih disukai untuk material komposit karena kualitasnya yang sangat baik, seperti seperti penggunaan material yang spesifik dan sangat tahan lama, rasio berat terhadap berat yang tinggi, stabilitas termal, konduktivitas listrik yang tinggi, ketahanan udara dan korosi (Soutis C., 2005, Paiva JMF, Santos AN, Rezende MC., 2009 & Mallick PK., 2008 . Lebih penting lagi, penggunaan CF mengurangi bobot peralatan atau kendaraan karena rasio kekuatan terhadap beratnya yang tinggi. Komposit polimer yang ditingkatkan CF digunakan untuk aplikasi turbin angin dalam sistem tenaga otomotif, teknik dirgantara, rig pengeboran lepas pantai, mesin turbo, penyimpanan dan transportasi gas, agen antistatis, dan pelindung elektromagnetik (Mallick PK., 2008 & Edie DD, McHugh JJ., 1999).



Gambar 2-3 Carbon Fiber

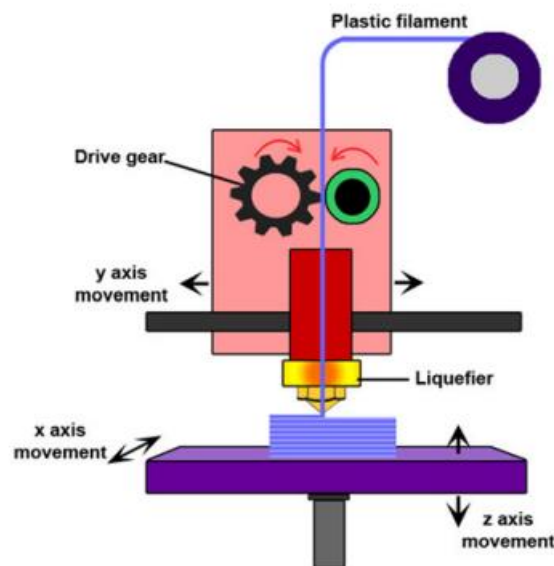
## **2.6 3D Printing Fused Deposition Modeling**

*3D print Fused Deposition Modeling* (FDM) adalah salah satu teknik pencetakan 3D yang paling banyak digunakan, menggunakan polimer untuk membuat model, prototipe, atau bahkan produk akhir. Sejak tahun 2009, permintaan terhadap FDM telah tumbuh dengan kecepatan luar biasa dari tahun ke tahun, dan banyak ahli percaya bahwa teknologi ini mempunyai potensi untuk merevolusi manufaktur di banyak sektor industri. Keunggulan utama teknologi FDM adalah menawarkan proses rekayasa yang lebih sederhana dan metode yang lebih hemat biaya dibandingkan teknik pencetakan 3D canggih lainnya. Namun



masih mampu menciptakan bentuk dan rongga geometris dengan akurasi dimensi yang wajar. Dengan demikian, sejumlah keterbatasan dan kelemahan masih teridentifikasi, terutama terkait dengan sifat mekanik part FDM yang lebih buruk dibandingkan *part* yang diproduksi menggunakan metode konvensional seperti teknik injeksi dan kompresi.

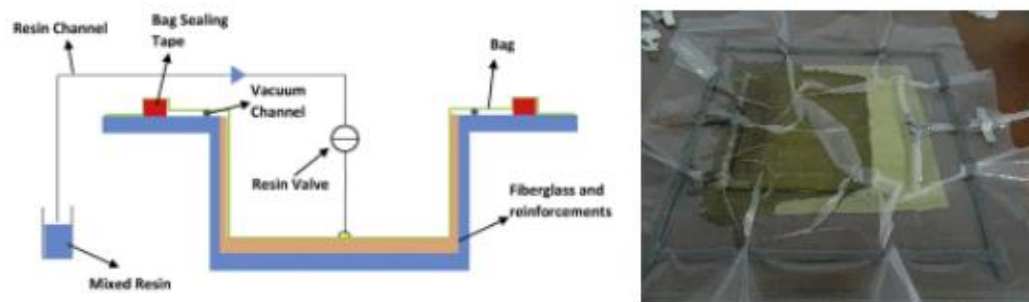
Pemodelan deposisi leburan sangat bergantung pada proses ekstraksi panas, di mana material diendapkan lapis demi lapis, menurut data dari model 3D, hingga seluruh objek terbentuk. Proses FDM biasanya memasok filamen berdiameter 1,75 mm atau 3,00 mm ke printer melalui mekanisme roda gigi resirkulasi. Motor stepper dihubungkan ke salah satu roda penggerak untuk memberikan tenaga untuk menggerakkan filamen dalam sistem. Salah satu atau kedua roda penggerak mungkin memiliki permukaan berlekuk atau bergerigi untuk memberikan gesekan yang cukup bagi roda penggerak untuk mencengkeram filamen dan mengirimkannya ke perangkat pencairan tanpa tergelincir. Filamen tersebut kemudian akan dicairkan ke dalam penghangat bibir, dan bagian padat di bagian belakang akan bertindak sebagai piston untuk memaksa cairan melewati *nozzle* cetakan.



Gambar 2-4 3D Printing FDM

## 2.7 *Vaccum Infusion*

Proses infus vakum adalah teknik yang menggunakan tekanan vakum untuk mengaduk resin menjadi bahan laminating. Bahan dimasukkan ke dalam cetakan dan airnya disedot sebelum resin masuk. Setelah vakum sempurna tercapai, resin disedot ke dalam pabrik laminating melalui pipa yang ditempatkan dengan hati-hati. Proses ini didukung oleh berbagai perlengkapan dan bahan (Abdurohman K & Marta A., 2016). Gambar .... menunjukkan proses pembuatan komposit menggunakan proses infus vakum. Eksperimen memproduksi komposit dengan proses ini. Bahan kaca ini digunakan sebagai bahan penguat, resin epoxy (tipe lycal) digunakan sebagai bahan dasar.



Gambar 2-5 *Vaccum Infusion*

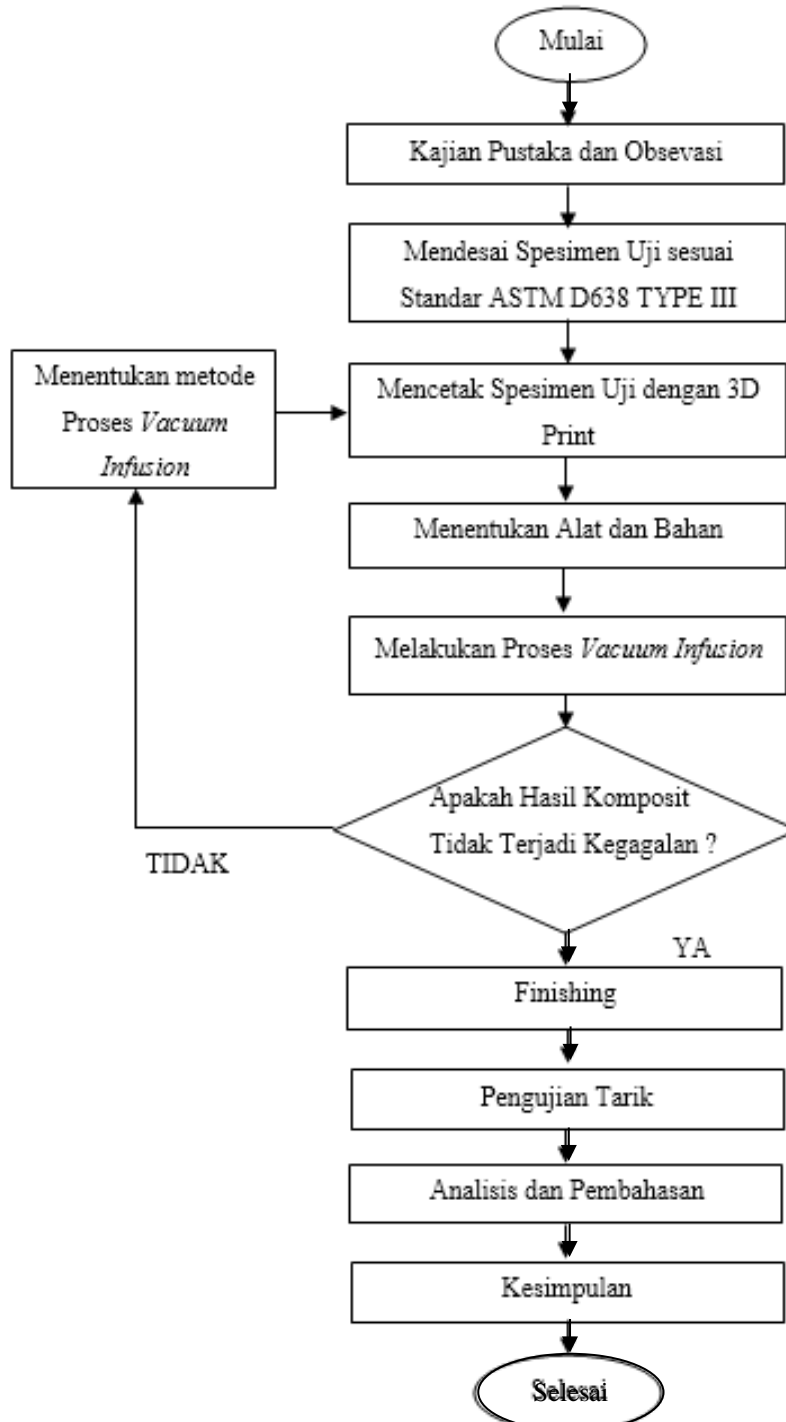
## 2.8 **Pengujian Tarik**

Pengujian tarik dimana pengujian ini dilakukan untuk mencari nilai tegangan dan regangan. Pengujian dilakukan pada benda padat seperti logam dan non logam, hal ini dapat memberikan yang lengkap terhadap perilaku material tersebut terhadap pembebanan secara mekanis. Data yang didapat dari uji tarik berdasarkan alat uji tarik yang dicatat berbentuk kurva tarik. Kekuatan tarik maksimum yang disebut dengan beban maksimum dengan satuan newton (N) yang dibagi dengan luas penampang spesimen uji (Spackman, Frank, & Kyle C. Picha, 2016)

# BAB 3

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian



Gambar 3-1 Alur Penelitian

## 3.2 Peralatan dan Bahan

### 1. Pompa *Vacuum*

Pompa *vaccum* berfungsi untuk menghisap udara dari *vaccum bag* sehingga meningkatkan tekanan udara pada *bagging* atau plastik dalam proses *vaccum infusion*. Pompa digunakan dengan merek Krisbow dengan kapasitas  $\frac{1}{2}$  HP dapat dilihat pada gambar 3-2.



Gambar 3-2 Pompa *Vacuum*

### 2. Tabung *Reservoir (catch Pot)*

Tabung *reservoir (catch pot)* mempunyai 2 lubang yang berfungsi 1 lubang input masuknya udara dari *bagging* saat penghisapan udara, dan 1 lubang output dari tabung ke pompa *vaccum* terdapat juga *pressure gauge* yang satu kesatuan dari tabung *reservoir* ini yang berfungsi untuk mengukur tekanan udara pada sistem *vaccum*. Pada tabung ini berfungsi sebagai penukaran cairan jika sewaktu-waktu resin akan ikut terhisap dalam pemrosesan sehingga resin hanya terkumpul pada tabung ini untuk pengamanan pada pompa *vaccum*. Bentuk tabung *reservoir* dapat dilihat pada gambar 3-3.



Gambar 3-3 Tabung *Reservoir*

### 3. *T Connector*

*T connector* ini digunakan untuk memudahkan pada penyambungan selang biasa dengan selang *spiral*, dikarenakan pada bagian ini melewati lapisan plastik *bugging* yang dilubangi sehingga meminimalisir kebocoran yang terjadi tidak hanya menggunakan *sealant tape* saja, sehingga proses mudah dilakukan. Bentuk *T connector* dapat dilihat pada gambar 3-4.



Gambar 3-4 *T Connector*

### 4. *Infusion Block*

*Infusion block* ini salah satu berfungsi untuk menghalangi udara keluar dari plastik *bugging* yang di lubangi yang terhubung T connector dan selang biasa. Bentuk *infusion block* dapat dilihat pada gambar 3-5.



Gambar 3-5 *Infusion Block*

### 5. Katup

Katup berfungsi untuk pengatur udara dari plastik *bugging* ke tabung *reservoir*. Bentuk katup dapat diliat pada gambar 3-6.



Gambar 3-6 Katup

## 6. Selang

Selang ini berfungsi untuk mengalirkan udara dan resin dalam proses *vacuum infusion*. Bentuk selang dapat dilihat pada gambar 3-7.



Gambar 3-7 Selang

## 7. Selang Spiral

Selang spiral berfungsi untuk mengalirkan resin secara cepat dan merata pada plastik *bugging*, hal ini akan mempengaruhi hasil proses *vacuum infusion*. Bentuk dapat dilihat pada gambar 3-8.



Gambar 3-8 Selang Spiral

## 8. Plastik *Vacuum Infusion*

Plastik *vacuum infusion* atau plastik *bagging* ini komponen paling penting dalam pemrosesan *vacuum infusion*, karena plastik ini pembatas antara bagian luar yang tidak terkena pemampatan udara, dan bagian dalam yang terkena pemampatan udara, yang terdapat komponen komposit yang akan dikukan proses *vacuum infusion*. Bentuk platik *vacuum infusion* dapat dilihat pada gambar 3-9.



Gambar 3-9 Plastik *Vacuum Infusion*

### 9. Kain *Peel Ply*

Kain *peel ply* ini berfungsi untuk memudahkan pelepasan antara *flow media* dan *carbon fiber* ketika kering, bentuk dapat dilihat pada gambar 3-10.



Gambar 3-10 Kain *Peel Ply*

### 10. *Flow Media*

*Flow media* berfungsi sebagai penyebaran resin secara merata pada plastik bunting, hal ini sangat berpengaruh dengan bentuk garisnya searah kompositnya, dalam memnetukan ini sangat hati-hati agar tidak terjadi pergeseran komponen. Bentuk dapat dilihat pada gambar 3-11.



Gambar 3-11 *Flow Media*

### 11. *Fiber Carbon*

*Fiber carbon* berfungsi sebagai *skin* pada komposit ini, *fiber carbon* yang digunakan 2 x 2 twill 3K 200 gsm dapat dilihat pada gambar 3-12.



Gambar 3-12 *Fiber Carbon*

## 12. Resin Epoksi

Resin epoksi adalah senyawa dari hasil polimerisasi eposida, resin epoksi ini berfungsi untuk merekatkan fiber carbon dan spesimen menjadi satu material dengan komposit dilakukan yaitu vacuum infusion. Resin yang dipakai adalah GE-7118A dengan merek rapid resin. Bentuk dapat dilihat pada gambar 3-13.



Gambar 3-13 Resin Epoksi

## 13. Hardener

*Hardener* ini berfungsi mempercepat pengerasan resin pada proses *vaccum infusion* dengan mencampurkan resin epoksi, dapat dilihat pada gambar 3-14.



Gambar 3-14 *Hardener*



#### 14. Timbangan

Timbangan berfungsi sebagai mengukur berat spesimen, resin epoksi dan *hardener*, hal ini untuk menentukan data yang akan digunakan. Bentuk timbangan yang akan digunakan dapat dilihat pada gambar 3-15.



Gambar 3-15 Timbangan

#### 15. Jangka Sorong

Jangka sorong ini berfungsi untuk mengukur ketebalan pada spesimen yang akan digunakan dalam penelitian. Bentuk jangka sorong yang akan digunakan dapat dilihat pada gambar 3-16.



Gambar 3-16 Jangka Sorong

#### 16. Penggaris

Penggaris berfungsi untuk mengukur panjang spesimen yang akan digunakan pada penelitian. Bentuk penggaris ini dapat dilihat pada gambar 3-17.



Gambar 3- 17 Penggaris

### 17. *Sealent Tape*

*Sealent tape* berfungsi sebagai perekat antara plastic *vacuum infusion* dengan *basenya* yaitu kaca, *sealent tape* ini khusus untuk penggunaan proses *vacuum infusion*. Bentuk *sealent tape* ini dapat dilihat pada gambar 3-18.



Gambar 3-18 *Sealent Tape*

### 18. Lem *Silicon*

Lem *silicon* digunakan untuk melindungi spesimen dari resin masuk dalam *core*. Bentuk dapat dilihat pada gambar 3-19.



Gambar 3-19 Lem *Silicon*

### 19. Lem ALF

Lem ALF ini adalah jenis lem epoksi yang berupa campuran hardener, le mini mampu untuk merekatkan anantara carbon fiber dan spesimen. Bentuk lem mini dapat dilihat pada gambar 3-20.



Gambar 3-20 Lem ALF

#### 20. Kuas

Kuas berfungsi untuk memoles lem ALF pada spesimen agar memudahkan dalam pengeleman. Bentuk kuas dapat dilihat pada gambar 3-21.



Gambar 3-21 Kuas

#### 21. Sekop Cat

Sekop cat berfungsi untuk pengelupasan sisa resin yang menempel pada kaca setelah pemrosesan *vacuum infusion*. Bentuk dfapat dilihat pada gambar 3-22.



Gambar 3-22 Sekop Cat

#### 22. Cutter

*Cutter* berfungsi untuk memotong bahan-bahan yang perlu dipotong seperti sisa 3D *print*, plastik *vaccym infusion*, lakban, dan *fiber carbon*. Bentuk *cutter* ini dapat dilihat pada gambar 3-23.



Gambar 3-23 Cutter

### 23. *Release Silicon Mold*

*Release silicon mold* ini berfungsi untuk memudahkan pelepasan spesimen setelah proses vaccum, dan meminimalisir menempelnya resin pada kaca. Isi *relese silicon mold* berupa gas yang sangat mudah pengaplikasiannya. Bentuk dapat dilihat pada gambar 3-24.



Gambar 3-24 *Release Silicon Mold*

### 24. *Release Mold Honeywax*

*Release mold honeywax* berfungsi untuk melapisi dinding spesimen bertujuan untuk resin tidak menempel pada dinding, sehingga tidak menambah bobot terlalu besar pada spesimen. Bnetuk dapat dilihat pada gambar 3-25



Gambar 3-25 *Release Mold Honeywax*

### 25. Gas Clamp

*Gas clamp* berfungsi untuk mengencangkan selang dari plastik bugging ke tabung *reservoir* dan dari tabung *reservoir* ke pompa *vaccum*. Bentuk dapat dilihat pada gambar 3-26.



Gambar 3-26 Gas Clamp

### 26. Clip kertas

*Clip* kertas berfungsi untuk menjepit selang pada *inlet* masuknya cairan resin, bertujuan untuk menghemat biaya, jika penggunaan keran digunakan sekali pakai. Bentuk dapat dilihat pada gambar 3-27.



Gambar 3-27 Clip Kertas

### 27. Gunting

Gunting berfungsi sebagai alat pemotong untuk bahan-bahan yang akan digunakan, bentuk gunting dapat dilihat pada gambar 3-28.



Gambar 3-28 Gunting

### 28. Kaca

Kaca berfungsi *base* atau dasar metode *vaccum infusion* menggantikan lapisan bawah plastik *bugging*. Ukuran kaca yang

digunakan 90 mm x 90 x 5 mm, bentuk kaca dapat dilihat pada gambar 3-29.



Gambar 3-29 Kaca

#### 29. Lakban Kertas

Lakban kertas berfungsi untuk membantu pada proses mencetak 3D *printing* agar pembentukan spesimen menempel secara kuat pada *base* 3D *printing*. Bentuk lakban kertas dapat dilihat pada gambar 3-30.



Gambar 3-30 Lakban Kertas

#### 30. Wadah Plastik

Wadah plastic ini bekas dari botol air minum digunakan sebagai wadah resin yang akan digunakan. Bentuk dapat dilihat pada gambar 3-31.



Gambar 3-31 Wadah Plastik

#### 31. *Filament Asam Polylactic (PLA)*

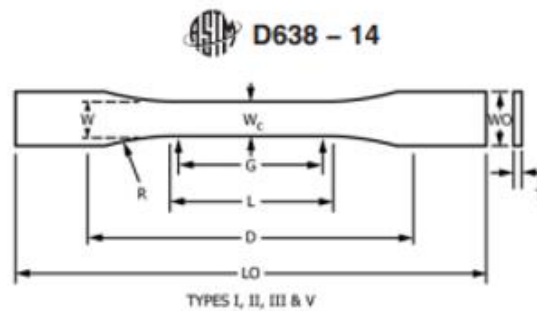
*Filament asam polylactic (PLA)* ini digunakan sebagai bahan dasar dari pembuatan spesimen dengan metode 3D *printing*, PLA ini mempunyai ukuran 1.75 mm dengan standar dipasaran yang mudah didapatkan. Bentuk PLA dapat dilihat pada gambar 3-32.



Gambar 3-32 Filament Asam Polyactic (PLA)

### 3.3 Standar dan Dimensi Spesimen

Standar yang digunakan berdasarkan standar ASTM D638 tipe III dengan ketebalan 20 mm, dengan memvariasikan skin dan non skin. Kerapatan infill yang digunakan yaitu 100%, bentuk standar dapat dilihat pada gambar 3-33.

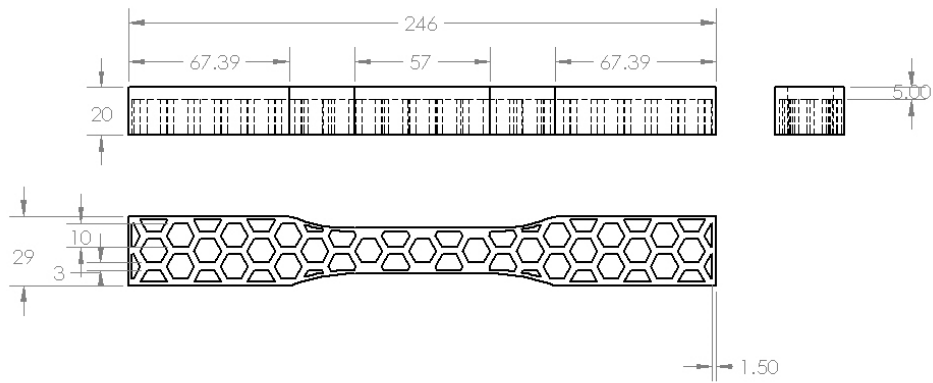


Specimen Dimensions for Thickness,  $T$ , mm (in.)<sup>a</sup>

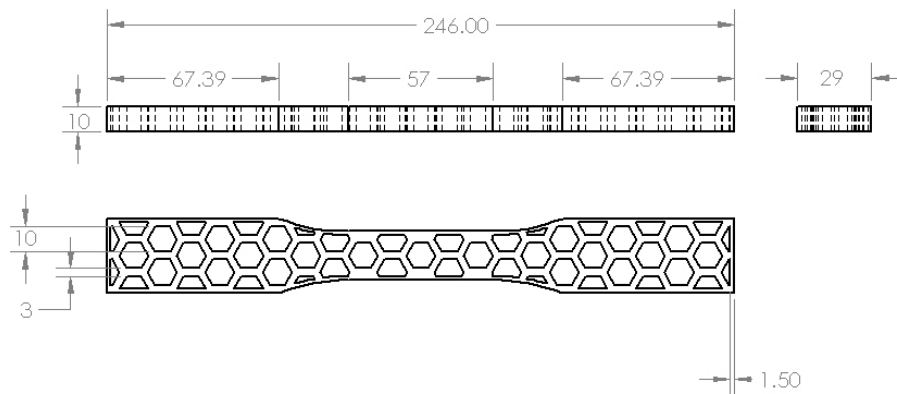
Dimensions (see drawings)	7 (0.28) or under		Over 7 to 14 (0.28 to 0.55), incl		4 (0.16) or under		Tolerances
	Type I	Type II	Type III	Type IV <sup>b</sup>	Type V <sup>c,d</sup>		
$W$ —Width of narrow section <sup>e,f</sup>	13 (0.50)	6 (0.25)	19 (0.75)	6 (0.25)	3.18 (0.125)	$\pm 0.5$ ( $\pm 0.02$ ) <sup>g</sup>	
$L$ —Length of narrow section	57 (2.25)	57 (2.25)	57 (2.25)	33 (1.30)	9.53 (0.375)	$\pm 0.5$ ( $\pm 0.02$ ) <sup>g</sup>	
$WO$ —Width overall, min <sup>g</sup>	19 (0.75)	19 (0.75)	29 (1.13)	19 (0.75)	...	+ 6.4 (+ 0.25)	
$LO$ —Length overall, min <sup>h</sup>	...	...	...	...	9.53 (0.375)	+ 3.18 (+ 0.125)	
$G$ —Gage length <sup>i</sup>	50 (2.00)	50 (2.00)	50 (2.00)	...	83.5 (2.5)	no max (no max)	
$D$ —Distance between grips	...	...	...	25 (1.00)	7.62 (0.300)	$\pm 0.25$ ( $\pm 0.010$ ) <sup>g</sup>	
$R$ —Radius of fillet	...	...	...	...	...	$\pm 0.13$ ( $\pm 0.005$ )	
$RO$ —Outer radius (Type IV)	...	...	...	...	...	$\pm 5$ ( $\pm 0.2$ )	
	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	14 (0.56)	12.7 (0.5)	$\pm 1$ ( $\pm 0.04$ ) <sup>g</sup>	
	...	...	...	25 (1.00)	...	$\pm 1$ ( $\pm 0.04$ )	

Gambar 3-33 Bentuk Standar Spesimen

Maka standar yang sudah ditentukan untuk pembuatan desain spesimen dengan ukuran yaitu 246 mm x 29 mm x 20 mm menggunakan software Solidworks, bentuk dapat dilihat pada gambar 3-34 dan desain spesimen ukuran 246 mm x 29 mm x 10 mm dari peneliti sebelumnya dapat dilihat 3-35.

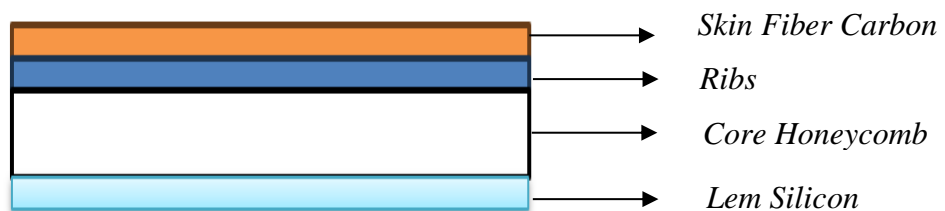


Gambar 3- 34 Bentuk Spesimen



Gambar 3- 35 Bentuk Spesimen Peneliti Sebelumnya

### 3.4 Susunan Lapisan Komposit



Gambar 3-36 Susunan Lapisan Komposit

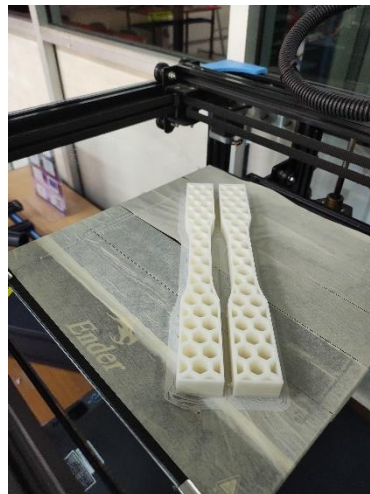




Gambar 3- 37 Susunan Tanpa Lapisan

### 3.5 Proses Pembuatan Spesimen

#### 3.5.1 Pembuatan *Spesimen* dengan Mesin *3D Printing*



Gambar 3-38 Proses Pembuatan Spesimen *3D Printing*

Proses pembuatan dengan menggunakan *3D Printing* dengan berdimensi 246 mm x 29 mm x 20 mm yang berjumlah 6 spesimen. Alat *3D Printing* yang digunakan yaitu *Creality Ender 6*. Proses dapat dilihat pada gambar 3-38.

Tabel 3-1 Parameter *Printing*

Material	Parameter					Infill Pattern
	Tebal Layer	Suhu Bed	Suhu Nozzle	Speed	Infill Density	
	(mm)	( °C)	(°C)	(mm/s)	%	
PLA	0.2	60	215	80	100	Zig-zag

Tabel di atas menjelaskan parameter dalam pencetakan spesimen uji dengan material *polylactic acid* (PLA), tebal *layer* 0.2 mm, suhu *bed* 60°C, suhu *nozzle* 215°C, *speed* 80 mm/s, *infill* 100% dan *infill pattern* zig-zag.

### 3.5.2 Tahap-Tahap Proses *Vacuum infusion*

1. Memotong lapisan *fiber carbon* dan pengeleman



Gambar 3-39 Proses Pemotongan *Fibre Carbon*

Pada gambar 3-39 menjelaskan dari lembaran *fiber carbon* dengan cara dibatasi area potong dengan lakban kertas bertujuan agar tidak bergesernya serat *carbon fiber*, pemotongan dilakukan melebihi dimensi spesimen, hal ini dimaksud agar *ribs* dapat tertutup dengan sempurna. Pelapisan *fiber carbon* dilakukan hanya 1 layer bagian *ribs*.

2. Pengeleman spesimen dengan *fiber carbon*



Gambar 3-40 Pengeleman Spesimen

Setelah melakukan pemotongan bahan, maka akan dilanjutkan proses persiapan pengeleman dengan merek ALF sejenis lem epoksi, perbandingan

dilakukan yaitu 1:1, dengan takaran 30 gram. Pengadukan lem dilakukan sampai berwarna kuning seperti gambar 3-40 lem siap digunakan.

### 3. Pengeringan spesimen



Gambar 3-41 Pengeringan Spesimen

Pada gambar 3-41 menjelaskan bahwa spesimen telah dilakukan pengolesan lem dan direkatkan *fiber carbon* dengan spesimen. Pengeringan dilakukan 1 x 24 jam untuk mengeluarkan cairan kuning efek samping penggunaan lem jenis ini.

### 4. Menyusun lapisan komposit

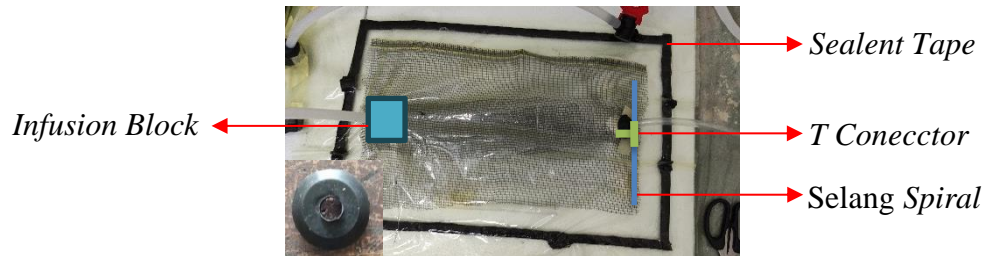


Gambar 3-42 Penyusunan Komposit

Gambar 3-42 menjelaskan penyusunan komposit disusun seperti gambar 3-35 dimana dilapisi *fiber carbon* hanya bagian atas saja, dengan hal itu adanya pengeleman lem *silicon* pada spesimen dan ditempel pada kaca yang sudah dilapisi oleh *release silicon mold*, lem *silicon* bertujuan untuk menghindari resin masuk. Spesimen bagian dinding dilapisi oleh *release mold honeywax* bertujuan untuk

mengurangi resin menempel pada dinding spesimen sehingga spesimen menjadi lebih ringan. Dilakukan pengeringan lem *silicon* selama 5 jam agar lem mengering.

5. Menyusun selang *spiral*, selang, *T coneccctor*, *sealent tape* dan *infusion block*



Gambar 3-43 Penyusunan Alat bantu *Vaccum Infusion*

Gambar 3-43 menjelaskan penyusunan selang *spiral*, *T coneccctor*, *sealent tape*, selang dan *infusion block*. Selang *spiral* disusun seperti untuk memudahkan penyebaran resin pada spesimen. *Sealent tape* digunakan untuk membatasi bagian luar dan bagian dalam pada proses *vaccum* agar tidak terjadi kebocoran. *T coneccctor* dan *infusion block* alat memudahkan proses *vacuum* agar tidak terjadi kebocoran. Selang difungsikan untuk aliran masuk resin yang disebut *inlet* dan pengambilan udara atau *outlet* dari *plastic bugging* ke tabung *reservoir* dilanjutkan sampai pompa *vacuum*.

6. Proses uji coba *vacuum infusion*



Gambar 3-44 Uji Coba *Vaccum Infusion*

Gambar 4-44 menjelaskan proses yang menentukan layak nya tahap memasukkan resin ke dalam *plastic bugging*. Proses ini dilakukan selama 15 menit dengan tekanan 8 psi, jika terjadinya penurunan maka adanya terjadi kebocoran, dilakukan Kembali sampai tidak terjadi pengurangan tekanan.

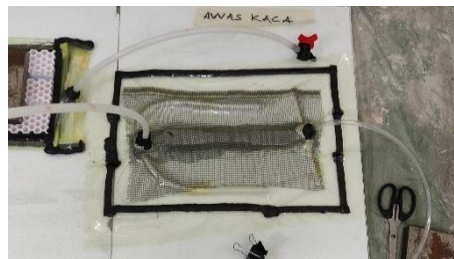
## 7. Proses pencampuran epoksi resin dan hardener



Gambar 3-45 Pencampuran Epoksi dan Hardener

Gambar 3-45 menjelaskan proses pengukuran berat resin dan hardener, dengan perbandingan 100 : 30, yang dilakukan pada proses ini dengan takaran 150 gram resin dan 45 gram hardener, dilakukan pengadukan selama 15 menit.

## 8. Proses *vacuum infusion*



Gambar 3-46 Proses *Vaccum Infusion*

Gambar 3-46 menjelaskan proses ini memasukkan resin dengan kondisi awal yang sudah di *vacuum*, resin akan terhisap kedalam plastic *bugging* dan selalu mengecek tekanan udara sehingga stabil pada 8 psi, setelah memasukkan resin kran ditutup dan pengeringan 1 x 24 jam.

### 3.5.3 Proses Finishing

1. Hasil setelah proses *vacuum infusion*



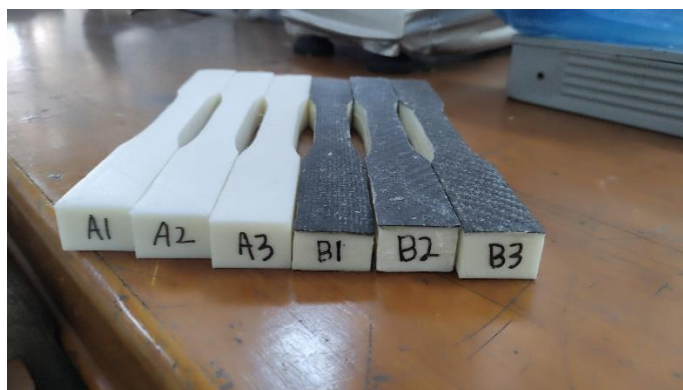
Gambar 3-47 Hasil Seleah *Vaccum Infusion*

2. Pengukuran berat spesimen



Gambar 3-48 Pengukuran Berat Spesimen

3. Hasil akhir sepesimen



Gambar 3-49 Hasil Akhir Spesimen



## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengujian Tarik

Pada pengujian tarik pada spesimen uji yang sudah sesuai dengan standar ASTM D-638 tipe III, dilakukan proses pengujian tarik pada laboratorium Universitas Gajah Mada, dengan langkah-langka berikut ini :



Gambar 4-1 Proses Pengujian Tarik

1. Membuat spesimen uji yang sesuai berdasarkan standar ASTM D-638 tipe III. Spesimen yang dibuat dengan variasi *non skin* dan *skin fiber carbon* dengan setiao variasi 3 buah spesimen, maka jumlah keseluruhan 6 spesimen.
2. Mengukur spesimen dengan alat ukur berupa jangka sorong, penggaris, dan timbangan sebelum pengujian.
3. Memasukan kertas milimeter blok di atas meja *ploter* dan mengkalibrasi mesin uji tarik sebelum digunakan.
4. Memasangkan spesimen uji ke penjepit pada mesin uji tarik dan memastikan spesimen terjepit sempurna.
5. Menjalankan mesin uji tarik dengan memutar tuas putar.
6. Mematikan mesin uji dengan memutar tuas Ketika terjadi patahan pada spesimen uji.

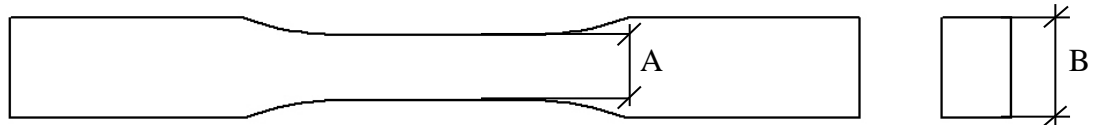
7. Mengambil hasil rekaman dari alat uji pada kertas milimeter blok pada mesin *plotter*.
8. Mengulangi kembali langkah 2 sampai 7 untuk pengujian selanjutnya.

## 4.2 Hasil Pengujian Tarik

Hasil spesimen setelah dilakukan pengujian tarik menghasilkan patahan spesimen dan data hasil, dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 4-2 Spesimen Setelah Uji Tarik



Keterangan : A = Lebar (mm)

B = Tebal (mm)

Gambar 4- 3 Ukuran Spesimen Tebal dan Lebar

Tabel 4-1 Data Hasil Pengujian Tarik

No.	Variasi Kerapatan <i>Infill</i>	Tebal	Lebar	Pmax	$\Delta L$	Tegangan	Regangan	Berat
		(mm)	(mm)	(N)	(mm)	(MPa)	(%)	(g)
1	A1 ( <i>No Skin</i> )	19.97	19.23	8650	7.50	22.52	15.00	94.00
2	A2 ( <i>No Skin</i> )	19.9	19.72	8700	7.31	22.17	14.62	93.90
3	A3 ( <i>No Skin</i> )	19.98	19.47	8600	7.05	22.11	14.10	93.80
4	B1 ( <i>Skin</i> )	20.37	19.58	10220	9.94	25.62	19.88	99.50
5	B2 ( <i>Skin</i> )	20.59	19.80	8310	7.92	20.38	15.84	99.70
6	B3 ( <i>Skin</i> )	20.42	19.10	8300	7.68	21.28	15.36	98.00



### 4.3 Data Hasil Komposit *Sandwich*

Data hasil komposit *sandwich* ditampilkan pada tabel 4-2 dengan data yang sudah ada pada penelitian sebelumnya. Data tersebut digunakan sebagai perbandingan dalam peneliti ini.

Tabel 4-2 Data Sampel 2 Pengujian Tarik

No.	Variasi Kerapatan <i>Infill</i>	Tebal	Lebar	Pmax	$\Delta L$	Tegangan	Regangan	Berat
		(mm)	(mm)	(N)	(mm)	(MPa)	(%)	(g)
1	10% A1	11.46	18.92	4230	5.58	19.51	11.16	33.02
2	10% A2	11.67	18.94	4240	6.68	19.18	13.36	32.89
3	10% A3	11.55	18.85	3710	5.24	17.04	10.48	33.09
4	20% A1	11.52	19.11	6190	4.31	28.12	8.62	42.44
5	20% A2	11.33	19.05	5250	4.94	24.32	9.88	42.08
6	20% A3	11.55	19.05	5340	5.33	24.27	10.66	40.84
7	30% A1	12.09	19.05	5310	2.03	23.06	4.06	52.76
8	30% A2	12.09	19.12	6620	4.57	28.64	9.14	52.72
9	30% A3	11.72	19.13	6490	1.99	28.95	3.98	52.19
10	40% A1	11.68	19.23	5910	3.33	26.31	6.66	54.19
11	40% A2	11.62	19.09	6210	1.91	27.99	3.82	55.11
12	40% A3	11.78	19.23	6110	2.14	26.97	4.28	54.59
13	50% A1	10.84	19.30	6280	3.19	30.02	6.38	56.93
14	50% A2	11.06	19.70	6400	3.21	29.37	6.42	56.78
15	50% A3	10.94	19.18	6120	3.17	29.17	6.34	55.34
16	10% (No Skin)	10.01	18.76	1770	6.45	9.43	12.9	19.91
17	50% (No Skin)	10.02	19.13	3020	5.12	15.76	10.24	48.32

Sumber : R Muhammad. S Asty. H Ramdhan, 2023

## 4.4 Analisis dan Pembahasan

### 4.4.1 Analisis

Dari data di atas tabel 4-1 dan 4-2 menjelaskan bahwa setiap variasi dilakukan 3 kali pengujian tarik, setelah pengujian tarik mendapatkan nilai Pmax (N) dan ΔL (mm), maka yang dibutuhkan dalam data yaitu mengenai tegangan maksimum, tegangan tarik spesifik dan modulus elastisitas, dengan hal itu untuk mencari dapat dijelaskan sebagai berikut :

#### 1. Menghitung Tegangan Tarik Maksimum

Tegangan tarik dapat dihitung dengan data table 4-1 dan 4-2 didapat dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{Max}} &= \frac{P_{\text{max}}}{\text{Tebal} \times \text{Lebar}} & (4.1) \\ \sigma_{\text{Max}} &= \frac{8650}{19.97 \times 19.23} \\ \sigma_{\text{Max}} &= 22.62 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Keterangan :

- $\sigma_{\text{Max}}$  : Tegangan Tarik Maksimum (N/mm<sup>2</sup>) atau MPa
- $P_{\text{max}}$  : Beban maksimal (N)
- Tebal : Tebal *Gage* Spesimen (mm)
- Lebar : Lebar *Gage* Spesimen (mm)

#### 2. Menghitung Tegangan Tarik Spesifik

Tegangan tarik spesifik digunakan untuk mengetahui tegangan pada setiap berat yang terjadi, dengan cara tegangan maksimum dibagi berat spesimen dengan acuan tabel 4-1 dan 4-2.

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{Spesifik}} &= \frac{\sigma_{\text{max}}}{\text{Berat}} & (4.2) \\ \sigma_{\text{Spesifik}} &= \frac{18.58}{33} \\ \sigma_{\text{Spesifik}} &= 0.56 \text{ MPa/g}\end{aligned}$$

Keterangan :

- $\sigma_{\text{Spesifik}}$  : Tegangan Tarik Spesifik (Mpa/g)
- $\sigma_{\text{max}}$  : Tegangan maksimum (MPa)
- Berat : Berat Spesimen (g)

### 3. Menghitung Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan besaran yang digunakan untuk mengukur kekuatan suatu material. Modulus elastisitas juga berubah bentuk ketika suatu gaya diterapkan pada material. Modulus elastisitas menyatakan besaran kekakuan suatu bahan, sehingga semakin besar modulus young suatu bahan maka semakin tidak elastis benda tersebut sehingga benda tersebut sulit untuk berubah, dengan acuan tabel 4-1 dan 4-2, yaitu :

$$\lambda = \frac{\sigma_{max}}{\varepsilon} \quad (4.3)$$

$$\lambda = \frac{18.58}{11.67\%}$$

$$\lambda = 0.02 \text{ MPa}$$

Keterangan :

$\lambda$  : Modulus Elastisitas (Mpa)

$\sigma_{max}$  : Tegangan Maksimal (MPa)

$\varepsilon$  : Regangan (%)

#### 4.4.2 Pembahasan

##### 1. Nilai Tegangan Tarik Maksimum

Tegangan tarik maksimum disebut juga *ultimate tensile strength* yang merupakan tegangan maksimal yang terjadi pada spesimen uji. Data akan diolah menggunakan persamaan 4.1 dan di rata-rata berdasarkan variasi kerapatan *infill*, sehingga data didapat sebagai berikut:

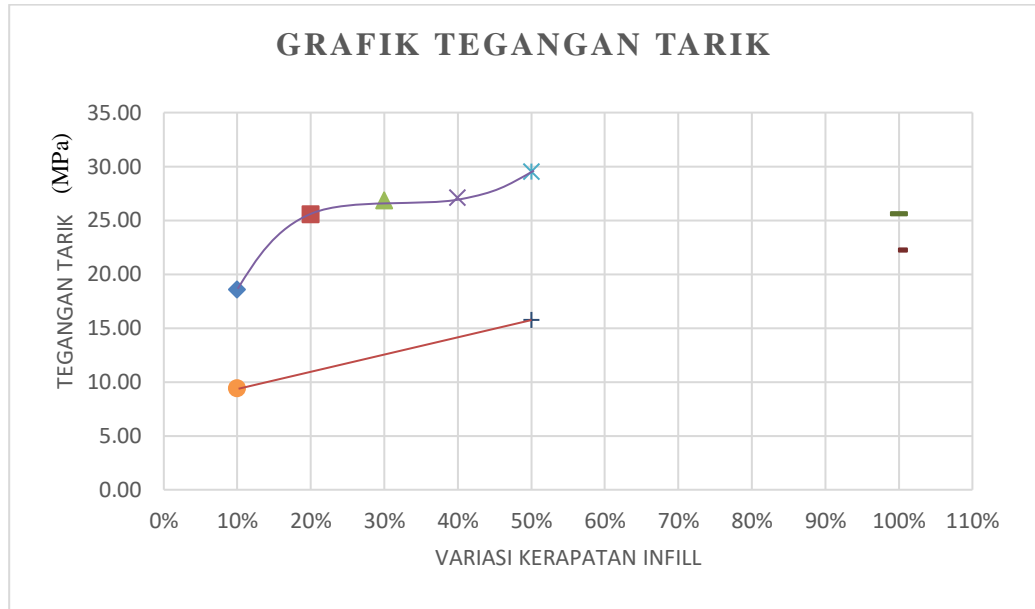
Tabel 4-3 Tegangan Tarik Berdasarkan Tabel 4-1

No	Variasi Kerapatan <i>Infill</i>	Rata-rata Tegangan	Rata-rata Berat
		(MPa)	(g)
1	100% (No Skin)	22.27	93.90
2	100% (Skin)	25.62	99.50

Tabel 4-4 Tegangan Tarik Berdasarkan Tabel 4-2

No	Variasi Kerapatan <i>Infill</i>	Rata-rata Tegangan	Rata-rata Berat
		(MPa)	(g)
1	10%	18.58	33.00
2	20%	25.57	41.79
3	30%	26.88	52.56
4	40%	22.27	54.63
5	50%	29.52	56.35
6	10% (No Skin)	9.43	19.91
7	50% (No Skin)	15.76	48.32

Sumber : R Muhammad. S Asty. H Ramdhan, 2023



Gambar 4-4 Tegangan Tarik

Berdasarkan gambar 4-4 menunjukkan bahwa tegangan tarik maksimum terhadap berat spesimen mengalami kenaikan pada spesimen yang dilapisi oleh *skin fiber carbon*. Tegangan tarik maksimum spesimen *no skin 100%* yaitu 22.27 MPa dan spesimen yang dilapisi *skin 100%* sebesar 22.43 MPa. Maka spesimen yang dilapisi oleh *skin fiber carbon* menunjukkan adanya suatu kenaikan, dibandingkan kekuatan material utamanya, dengan selisih 3.36 MPa. Namun tegangan tarik terbesar di variasi komposit *sandwich* dengan kerapatan *infill 50%* sebesar 29.52 MPa, kenaikan tegangan yang signifikan dengan berat yang lebih ringan dibandingkan variasi *skin 100%*.

## 2. Nilai Tegangan Tarik Spesifik

Nilai tegangan tarik spesifik dapat diketahui berdasarkan table 4-1 dan 4-2 dengan memasukkan persamaan 4.2 yang ditunjukkan pada table 4-5 dan 4-6. Nilai yang didapat disajikan dalam bentuk grafik berdasarkan gambar 4-5, dimana sumbu x sebagai kerapatan *infill* dan sumbu y sebagai tegangan tarik spesifiknya (MPa/g).

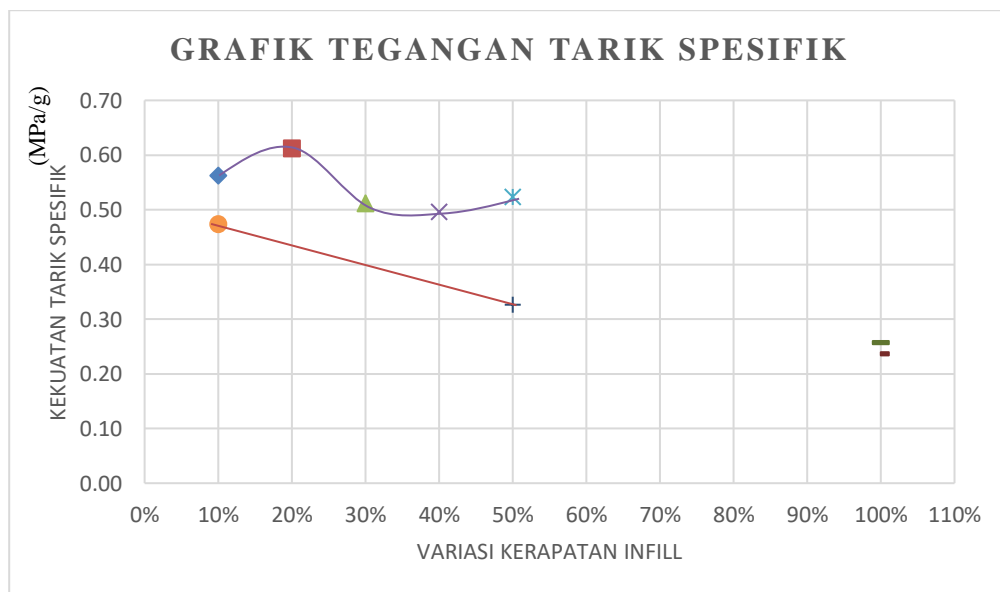
Tabel 4-5 Tegangan Spesifik Berdasarkan Tabel 4-1

No	Variasi Kerapatan Infill	Rata-rata Tegangan	Rata-rata Berat	Tegangan Tarik Spesifik
		(Mpa)	(g)	(MPa/g)
1	100% (No Skin)	22.27	93.90	0.24
2	100% (Skin)	25.62	99.50	0.26

Tabel 4- 6 Tegangan Spesifik Berdasarkan Tabel 4-2

No	Variasi Kerapatan Infill	Rata-rata Tegangan	Rata-rata Berat	Tegangan Tarik Spesifik
		(Mpa)	(g)	(MPa/g)
1	10%	18.58	33.00	0.56
2	20%	25.57	41.79	0.61
3	30%	26.88	52.56	0.51
4	40%	27.09	54.63	0.50
5	50%	29.52	56.35	0.52
6	No Skin 10%	9.43	19.91	0.47
7	No Skin 50%	15.76	48.32	0.33

Sumber : R Muhammad. S Asty. H Ramdhan, 2023



Gambar 4-5 Tegangan Tarik Spesifik

Berdasarkan gambar 4-5 menunjukkan bahwa nilai tegangan tarik spesifik mengalami kenaikan terhadap variasi *Skin 100%* sebesar 0.26. Namun dapat dilihat *skin 100%* masih dibawah variasi komposit *sandwich* dari 10% - 50%, hal ini menunjukkan fenomena bahwa 20% *sandwich* terbaik mengenai tegangan tarik spesifik 0.61 MPa/g.

### 3. Nilai Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas ini ditunjukkan untuk mengetahui nilai ketahanan variasi terhadap kerapatan *infill* pada spesimen yang di uji, data akan diolah dengan persamaan 4.3 yang ditunjukkan pada tabel 4-7 dan 4-8. Nilai yang disajikan dalam bentuk grafik, sumbu-x variasi *infill* suatu spesimen uji dan sumbu-y menunjukkan nilai modulus elastisitas (MPa).

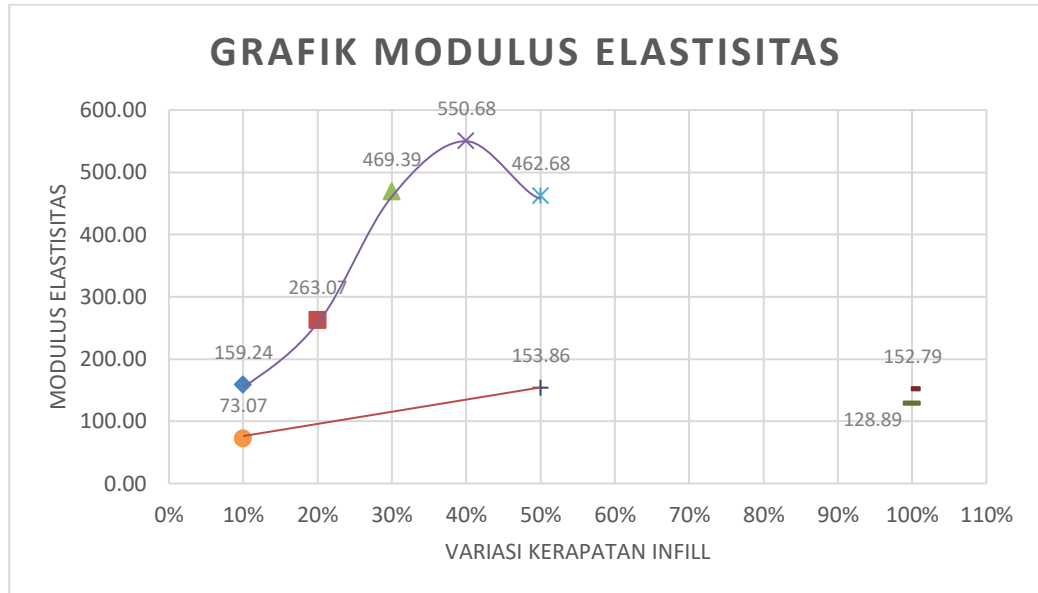
Tabel 4-7 Modulus Elastisitas Berdasarkan Tabel 4-1

No	Variasi Kerapatan <i>Infill</i>	Tegangan	Regangan	Modulus Elastisitas
		(MPa)	(%)	MPa
1	100% (No Skin)	22.27	14.57	152.79
2	100% (Skin)	25.62	19.88	128.89

Tabel 4- 8 Modulus Elastisitas Berdasarkan Tabel 4-2

No	Variasi Kerapatan <i>Infill</i>	Tegangan	Regangan	Modulus Elastisitas
		(MPa)	(%)	MPa
1	10%	18.58	11.67	159.24
2	20%	25.57	9.72	263.07
3	30%	26.88	5.73	469.39
4	40%	27.09	4.922	550.68
5	50%	29.52	6.38	462.68
6	10% (No Skin)	9.43	12.90	73.07
7	50% (No Skin)	15.76	10.24	153.86

Sumber : R Muhammad. S Asty. H Ramdhan, 2023



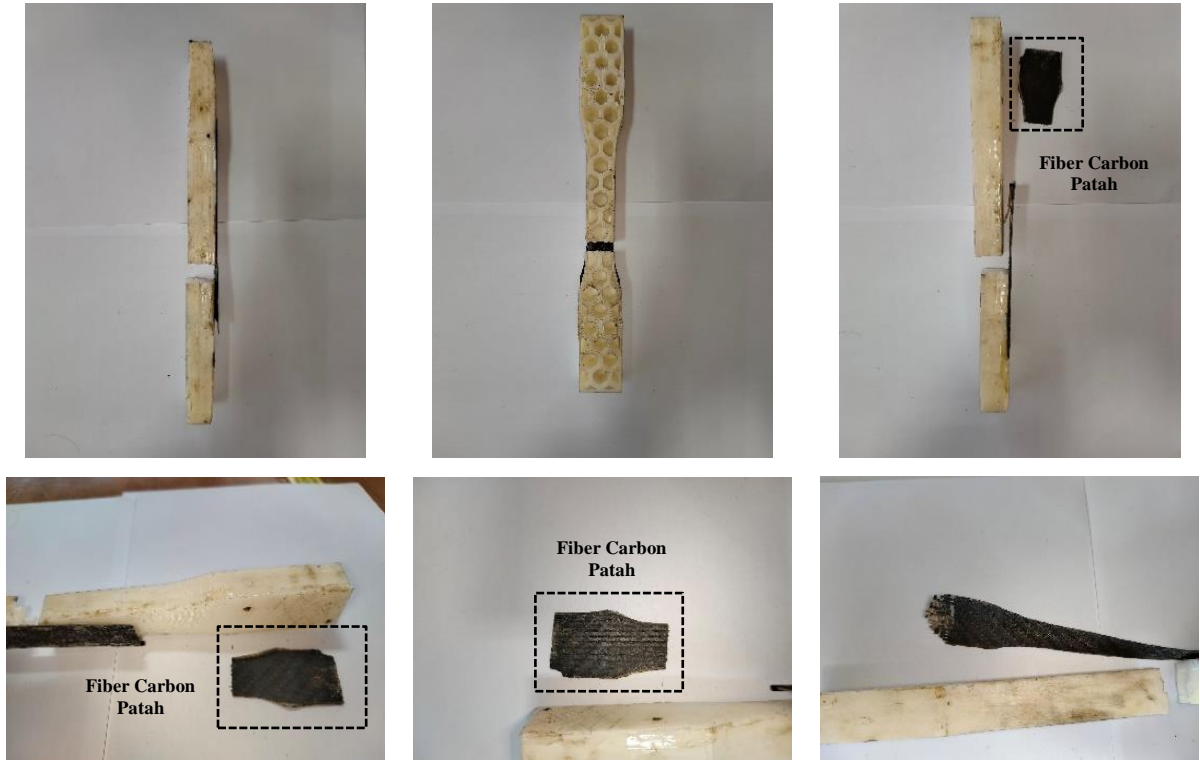
Gambar 4-6 Modulus Elastisitas

Berdasarkan gambar 4-6 menunjukkan bahwa spesimen yang diuji *skin 100%* mengalami penurunan, yaitu dengan nilai sebesar 128.89 MPa. Perubahan terbesar yang terjadi juga pada spesimen variasi kerapatan *infill 40%* yang signifikan sebesar 550.68 MPa, namun dimana modulus elastisitas semakin naik menandakan tegangan semakin besar namun regangan yang terjadi sangat kecil atau disebut semakin getas. Pada nilai modulus elastisitas kecil menandakan tegangan dan regangan hampir menyerupai sehingga hasil pembagiannya relatif kecil.

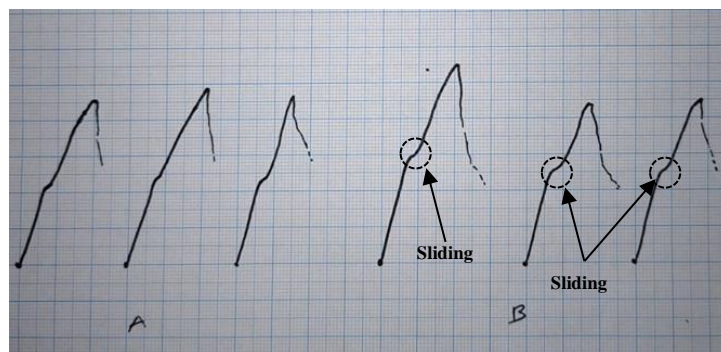


#### 4. Kegagalan-Kegagalan Spesimen

Kegagalan dalam pengujian uji tarik secara teknis yang mengakibatkan kerusakan pada spesimen setelah pengujian yang mempengaruhi nilainya.



Gambar 4-7 Kegagalan Spesimen



Gambar 4- 8 Grafik Spesimen

Pada gambar 4-7 dan 4-8 menunjukkan adanya fenomena-fenomena yang terjadi pada spesimen uji. Dimana pada tabel 4-2 dalam perhitungan spesimen B2 dan B3 tidak dimasukkan karena sesuatu fenomena yang terjadi, dengan adanya fenomena yang identifikasikan kesalahan teknis dalam pencekaman spesimen dimana spesimen terjadi *sliding* terhadap B1, sehingga Ketika pada spesimen B2 dan B3 mencengkam terlalu keras sehingga merusak lapisan *carbon fiber* dengan

hal itu, ketika ditarik kekuatan *carbon fiber* tidak sekuat pada B1 karena lapisan sudah rusak terlebih dahulu sebelum ditarik dan dalam pengujian *fiber carbon* langsung terlepas sebelum titik puncak patahan atau disebut *bond failure*.

Terjadinya sliding dikarenakan keausan dari *upper grip* atau *lower grip* sehingga terjadi sliding, penanggulangannya yaitu pergantian material pada *upper grip* dan *lower grip* yang lebih baik dan lebih tahan dari material sebelumnya (Adhi S. 2023).

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Hasil yang didapat dalam penelitian pada spesimen PLA dengan mencetak spesimen 3D printing dengan parameter yang tepat, Adanya pengaruh mengalami perubahan dimensi dan berat dengan metode *vacuum infusion* dengan di uji kekuatan tarik terhadap spesimen. Pada spesimen *no skin 100%* menghasilkan tegangan maksimal sebesar 22.27 MPa sedangkan spesimen *skin 100%* sebesar 25.62 Mpa. Tegangan tarik spesifik diperoleh sebesar 0.24MPa/g, sedangkan *skin 100%* mengalami kenaikan yang sangat kecil dengan nilai sebesar 0.26 MPa/g. Hal ini berpengaruh pada modulus elastisitas yang didapat 152.79 MPa adanya penurunan pada spesimen *skin 100%* dengan nilai 128.89 MPa memiliki selisih 23.9 MPa dengan *no skin 100%*.
2. Hasil dari penelitian ini terjadinya kegagalan teknis dalam pencekaman spesimen dimana spesimen terjadi sliding, sehingga ketika pada spesimen berikutnya mencengkam yang terlalu keras sehingga merusak lapisan *carbon fiber* tidak sekuat pada B1 karena lapisan sudah rusak terlebih dahulu sebelum ditarik dan terjadinya pelepasan *carbon fiber* saat pengujian tarik sebelum patahnya spesimen yaitu dinamakan *bond failure*. Hal ini masih sangat jauh dibandingkan variasi komposit *sandwich* dengan infill 50% gyroid yang lebih ringan dan kuat dengan kekuatan tegangan sebesar 29.52 MPa.

## 5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

1. Metode pengeleman dalam komposit perlu diperhatikan agar tidak mudahnya mengelupas antara spesimen PLA dengan pelapis *carbon fiber*.
2. Pastikan dalam *vacuum infusion* parameter-parameter diperhatikan dan terkontrol ketat.
3. Pastikan pelapisan *carbon fiber* tidak hanya 1 lapis saja.

## DAFTAR PUSTAKA

- Mikell PG., 1996, Composite Material Fundamental of Modern Manufacturing Material, Processes, And System, Prentice Hall.
- Stephen, B, Azimi.P., E.O. Zienb., and Ramos. T., 2013, Ultrafine Particle Emissions from Desktop 3D Printers, Atmospheric Environment volume 79 hal 334—339.
- Matthews, F.L., Rawlings, RD., 1993, Composite Material Engineering And Science, Imperial College Of Science, Technology And Medicine, London, UK.
- Surdia T. dan Saito S., (1999). Pengetahuan Bahan Teknik, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Noraihan Azila Tuan Rahim, Abdul Manaf Abdullah & Hazizan Md Aki (2019): Recent Developments in Fused Deposition Modeling-Based 3D Printing of Polymers and Their Composites, Polymer Reviews, DOI: 10.1080/15583724.2019.1597883.
- Soutis C. Fibre reinforced composites in aircraft construction. Prog Aerospace Sci 2005;41:143–51.
- Paiva JMF, Santos AN, Rezende MC. Mechanical and morphological characterizations of carbon fiber fabric reinforced epoxy composites used in aeronautical field. Mater Res 2009;12(3):367–74.
- Mallick PK. Fiber reinforced composites: material, manufacturing and design. 3rd ed. New York: CRC Press; 2008.
- Edie DD, McHugh JJ. High performance carbon fibers. In: Burchell TD, editor. Carbon materials for advanced technologies, Pergamon; 1999. p. 119–38.
- PRAYOGA, Agung; ERYAWANTO, Bimo; HADI, Qomarul. Pengaruh Ketebalan Skin Terhadap Kekuatan Bending Dan Tarik Komposit Sandwich Dengan Honeycomb Polypropylene Sebagai Core. J. Tek. Mesin, 2018, 18.1: 23-28.
- Marsono, M., Ali, A., & Luwis, N. (2019). Karakteristik Mekanik Panel Honeycomb Sandwich Berbahan Komposit Fibreglass dengan Dimensi Cell-Pitch 40mm dan Cell-Height 30mm. Jurnal Rekayasa Hijau.

- Schwartz, M.M (1984) “Composite Material Handbook Mc. Graw-hill Inc New York”.
- ASTM D638 – 14 “Designation: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics”.
- Abdurohman K dan Marta A 2016 An experimental study of polyester composite tensile properties reinforced unidirectional carbon fiber manufactured by vacuum infusion for LSU material., Jurnal Teknologi Dirgantara Vol. 14 No.1 61-72.
- Mikell PG., (1996), Composite Material Fundamental of Modern Manufacturing Material, Processes, And System, Prentice Hall..
- Prawira, G. P. (2022). Pengaruh Ketebalan Skin GFRP pada Komposit Sandwich terhadap Uji Tarik menggunakan Metode Vacuum Infusion.
- Marsono (2021) “Kaji Eksperimental Sifat Mekanik Honeycomb Sandwich Komposit Serat Karbon dengan Uji Bending”
- R Muhammad. S Asty. H Ramdhan (2023). “Sifat Mekanik komposit sandwich Skin Serat Karbon Menggunakan Core Polylactic Acid (PLA) Tipe Infill Gyroid”
- Adhi S. Rusnaldy. Tauviquirrahman M (2023). “PEerancangan system gripper mesin uji tarik untuk mencegah slip pada universal testing machine departemen Teknik mesin Universitas Diponegoro” Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 11, No. 3.

# LAMPIRAN 1



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

**HASIL PENGUJIAN TARIK**

No.	Variasi Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Pmax (KN)	$\Delta L$ (mm)	Tegangan (MPa)	Regangan (%)	Berat (g)
1	A1 (No Skin)	19.97	19.23	8.65	7.50	22.52	15.00	94.00
2	A2 (No Skin)	19.9	19.72	8.70	7.31	22.17	14.62	93.90
3	A3 (No Skin)	19.98	19.47	8.60	7.05	22.11	14.10	93.80
4	B1 (Skin)	20.37	19.58	10.22	9.94	25.62	19.88	99.50
5	B2 (Skin)	20.59	19.80	8.31	7.92	20.38	15.84	99.70
6	B3 (Skin)	20.42	19.10	8.30	7.68	21.28	15.36	98.00

*Keterangan:*

1. Pengujian dilakukan tanggal 29 Juli 2023
2. Pengujian menggunakan Universal Testing Machine
3. Standar spesimen menggunakan ASTM D638 Type 3

Yogyakarta, 29 Juli 2023  
Staf Laboratorium Bahan Teknik

Pengujian & Analisa  
Material

Lap. Bahan Teknik  
Departemen Teknik Mesin  
Sekolah Vokasi UGM  
Dr. Lilik Dwi Setyana, S.T., M.T  
NIP. 197703312002121002

Lembar asli, tidak untuk digandakan



